

## MAGNETIC IMPEDANCE ELEMENT AND MAGNETIC DETECTION CIRCUIT

Patent number: JP8075835

Publication date: 1996-03-22

Inventor: MORI KANEO; UCHIYAMA TAKESHI; MORITA YOSHIKI; SUMIKAMA MASAHIKO

Applicant: MITSUMI ELECTRIC CO LTD;; MORI KANEO

Classification:

- international: G01R33/09; G01R33/02; G11B5/31; H01L43/08

- european:

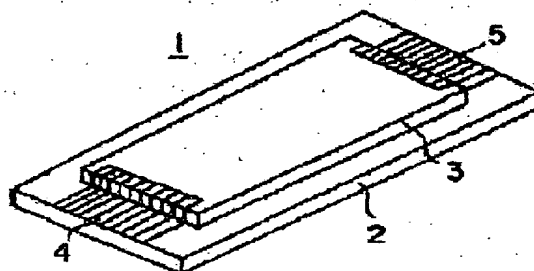
Application number: JP19940216212 19940909

Priority number(s):

### Abstract of JP8075835

**PURPOSE:** To provide a magnetic impedance element capable of being fine- worked and having a high sensitivity and a magnetic detection circuit with a very small size by forming an amorphous magnetic thin film on a substrate made of a non-magnetic material.

**CONSTITUTION:** An amorphous sputtering magnetic thin film 3 made of a strip- like CoFeB material is formed on a strip-like glass substrate 2 which is a non- magnetic material. Electrodes 4, 5 for connecting to the outside are formed at both ends in the length direction of the magnetic thin film 3. A conductive material such as copper and aluminum is used in the electrodes 4, 5. Use of ceramic material in place of glass of the glass substrate 2 is allowable. The magnetic thin film 3 has magnetic anisotropy in the direction different from exciting current passing across the electrodes 4, 5, or in the direction at a right angle or slanting to the exciting current direction. By conducting magnetic field temperature annealing treatment to the magnetic thin film 3, magnetism-electricity transducing efficiency is enhanced. The magnetic thin film 3 is annealed in d.c. magnetic field at 250 deg.C for one hour.



特開平8-75835

(43) 公開日 平成8年(1996)3月22日

(51) IntCl. <sup>4</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術分野
G01 R 33/09				
33/02	A	9307-2G		
G11 B 5/31	F	8940-5D		
H01 L 43/08	Z	9307-2G		
			G01 R 33/06	R
			審査請求 未請求	請求項の数10 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平6-218212	(71) 出願人	000006220
		ミヅニ電機株式会社	
(22) 出願日	平成6年(1994)9月9日	東京都調布市国領町8丁目8番地2	
		(711) 出願人	000244383
		毛利 佳年雄	
		愛知県名古屋市中天白町 大字島田黒石391-3	
		(72) 発明者	毛利 佳年雄
		愛知県名古屋市中天白町 大字島田黒石391-3	
		(74) 代理人	弁理士 伊東 忠彦

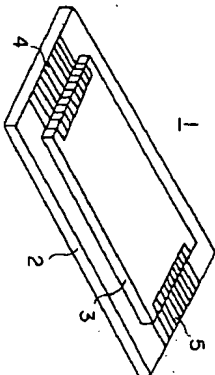
最終頁に続く

## (54) [発明の名称] 磁気インピーダンス素子および磁気検出回路

## (57) 【要約】

【目的】 本発明は磁気インピーダンス素子および磁気検出回路に関し、高磁気-電気変換効率を達成する。

【構成】 ガラス基板2と、ガラス基板2上に形成されたCoFeB材料からなるアモルファスバンプ磁性薄膜3と、アモルファスバンプ磁性薄膜3の長手方向両端に配設された電極4及び5とから構成される。



(2)

特開平8-075835

号を生成する信号生成手段とを具備し、

該第1及び第2の信号に基づいて外部磁気を検出することと特徴とする磁気検出回路。

【請求項10】 前記第1及び第2の磁気インピーダンス素子は、印刷される境界の向きに応じて前記第1の磁気インピーダンス素子のインピーダンスが増大すると前記第2の磁気インピーダンス素子のインピーダンスが減少する構成とされており、

前記通電手段及び前記信号生成手段は無安定アルシバイレバークであり、

前記第1及び第2の磁気インピーダンス素子は誘導安定アルシバイレバークのコレクタ負荷とされてなることを特徴とする請求項9記載の磁気検出回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は磁気インピーダンス素子および磁気検出回路に関し、特に微小磁気を検出するための磁気インピーダンス素子および磁気検出回路に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、微小磁気を検出するための磁気ヘッドが知られている。磁気ヘッドには、大別して磁気誘導媒体と磁気抵抗（マグネトレスダイナミクス）形の2種類がある。

【0003】 前者の磁気誘導形磁気ヘッドは、コイルが巻回されたコアに磁気を通じ、コイルに流交する磁束をコイルの両端に発生する誘導起電力  $e = -d\phi/dt$  を利用した原理で動作するものである。誘導起電力の大きさは磁束  $\phi$  の時間的な変化に比例するが、磁気記録媒体と磁気誘導形磁気ヘッドが相対速度を持つことにより初めて誘導起電力が発生し、誘導起電力の大きさは相対速度及び磁気記録媒体に記載された信号周波数に比例して大きくなる。

【0004】 このため、一定レベル以上の誘導起電力を発生させるためには、磁気記録媒体または磁気誘導形磁気ヘッドの少なくとも一方を所定の速度以上で走行させるか回転させてやる必要があった。

【0005】 また、磁気誘導形磁気ヘッドは再生感度を上げるためにはコイルの巻回数を増やしてコイルに流交する磁束を増やす必要がある。ところが、コイルの巻回数を増やすことによりインピーダンスが高くなるため、外乱ノイズの影響を受けやすくなると共にインピーダンスノイズが高くなりS/Nが低下する等の問題があった。

【0006】 これに対して、後者の磁気抵抗形磁気ヘッドは外部磁界の変化に応じて抵抗値が変化するバーロイニフェルからなるMR素子で構成され、MR素子の等価回路は図11に示す如く可変抵抗R<sub>MR</sub>で表される。図12の動作原理図に示す如く、MR素子100に抵抗R<sub>MR</sub>100を介して電圧源E<sub>100</sub>を接続することによりMR素子1

0.0の長手方向に一定の直流電流1.0Gを流しておき、MR素子1.0.0の幅方向に1.6.0.0〜3.0.0.0 (A/μm)程度の一定のバイアス磁界H<sub>b</sub>をかける。

【0007】そして、外部磁界が印加されたこれらの合成磁界Hが変化すると、MR素子1.0.0.0の抵抗率ρは合成磁界Hに対して図1.3に示すように変化する。すなわち、MR素子1.0.0に印加される合成磁界H=0.0の時に抵抗率ρは最大値を示し、合成磁界Hの大きさに反比例して減少する。

【0008】MR素子1.0.0.0の長手方向に流れるセンス電流ベクトルJと磁化ベクトルMのなす角θと抵抗率ρの関係は、

$$\rho = \rho_0 + \Delta \rho_m \cos^2 \theta$$

となる。ここで、 $\Delta \rho_m$ は最大抵抗率変化量である。MR素子1.0.0.0の磁気-電気変換効率 $\Delta \rho_m / \rho_0$ は一般に2.5〜3 (%)と低い、そこで、例えばフリッジ回路にMR素子を超み込んでその抵抗値の変化を検出することとで、外部磁界の大きさを知ることができる。

【0009】しかしながら、MR素子で構成される磁気抵抗形磁気ヘッドは磁気誘導形磁気ヘッドと異なり、一定レベル以上の出力を得るために一定以上の相対速度を必要とせず、低インピーダンスで広い周波数帯域を持つ利点があるため、高密度磁気ヘッド用途に使用されている。

【0010】このように、磁気誘導形磁気ヘッドでは出力レベルをかせぐためには磁気記録媒体とヘッドに一定以上の相対速度を持たせる必要がある。また、S/Nの問題があるため、高密度磁気ヘッド用途としては磁気抵抗形磁気ヘッドが使用されていた。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、磁気抵抗形磁気ヘッドに使用されるMR素子は磁気-電気変換効率が十分とは言えず低効率であり、フリッジ回路等を必要とする問題があった。そこで、MR素子のパーロイニF<sub>0</sub>を、他の磁気-電気変換効率の高い材料に変えることが検討されているが、未だ実用化出来る材料は見つかっていない。

【0012】また近年、FeNiCoとCuとFeNiCo等を積層した多層膜による巨大磁気抵抗効果 (グレートマグネトレジスタイフ：GMR) が発見されているが、磁界検出感度は従来のMR素子の3〜4倍程度の0.4 (%) / (Oe) 程度に留まっており、大幅な感度改善にはなっていない。また、この多層膜は磁界の増減に対する抵抗率ρの値のヒステリシスが大きい問題もある。

【0013】高密度磁気記録再生ヘッドへの要望は、ビデオテープレコーダ、ハードディスク装置、フロッピーディスク装置の高密度大容量化に対応すべく益々高性能が求められており、記録ヘッドは巻線コイルを薄膜技術で形成した薄膜ヘッド、再生ヘッドはMR素子で構成

したMRヘッドのハイブリッドヘッドが注目されているが、再生磁界検出素子の大幅な感度向上が要求されている。

【0014】しかしながらMR素子を利用した従来の磁気抵抗形磁気ヘッドでは、前述したとおり再生時の大幅な感度向上は達成できていなかった。

【0015】そこで本発明出願人の一人(毛利)は、先に特願平5-323.81.6号により磁気インピーダンス素子を構築し再生時の大幅な感度向上を実現した。この磁気インピーダンス素子は、ほぼ等磁歪の直径3.0 (μm)のアモルファスライフ(線引後現カアニールしたフイヤ)からなり、長さ1 (mm)程度の微小寸法のもので1 (MHz)程度の高周波電流を流通するとワイヤ両端間の電圧の振幅がMR素子の1.0.0.0倍以上である約1.0 (%) / (Oe) の高感度で変化するものである。

【0016】しかしながらこの高感度磁気インピーダンス素子は直径3.0 (μm)のアモルファスライフからなるため微細加工には適しておらず、超小型の磁気検出回路を構成することは困難であった。

【0017】そこで本発明は上記の点に鑑みてなされたものであって、高感度で微細加工可能な磁気インピーダンス素子および超小型の磁気検出回路を提供することを目指す。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記の問題を解決するために、本発明では次の通り構成した。

【0019】すなわち、請求項1記載の発明では、非磁性体からなる基板と、基板上に形成された磁性薄膜と、磁性薄膜の長手方向両端に配設された第1及び第2の電極とから構成した。

【0020】また、請求項9記載の発明では、一の磁性薄膜を有する第1の磁気インピーダンス素子と、他の磁性薄膜を有する第2の磁気インピーダンス素子と、第1及び第2の磁気インピーダンス素子に高周波電流を流通する通電手段と、第1及び第2の磁気インピーダンス素子に印加される磁界の向きに応じてそれぞれ変化する第1及び第2の信号を生成する信号生成手段とから構成した。

【0021】

【作用】上記構成の請求項1記載の発明によれば、磁性薄膜は高磁気-電気変換効率とされるため、高密度再生磁気ヘッド用途に最適利用できるように作用する。

【0022】また上記構成の請求項9記載の発明によれば、磁性薄膜を有する磁気インピーダンス素子に印加される磁界の向きに応じて変化する第1及び第2の信号に基づいて外部磁界を検出するように作用する。

【0023】

【実施例】次に、図面を参照して本発明の実施例について説明する。図1は本発明の第1実施例を示す図である。

【0024】図1に示す磁気インピーダンス素子1は、非磁性体である矩形状のガラス基板2と、ガラス基板2上にガラス基板2よりも一回り小さい矩形状に形成されたCoFeB材料からなるアモルファススバンパ磁性薄膜3と、アモルファススバンパ磁性薄膜3の長手方向両端に配設された外部接続用の電極4及び5とからなる。

電極4及び5には、銅、アルミニウム等の導電性材料を用いる。なお、ガラス基板2に代えて非磁性体であるセラミック基板を使用してもよい。

【0025】アモルファススバンパ磁性薄膜3は、通常の高周波二極スバンパ装置を用いて(真空度は1.0<sup>-7</sup>(torr))ガラス基板2上に厚み4 (μm)に形成されている。なお、厚み1 (μm)前後のアモルファススバンパ磁性薄膜を多層膜化して厚み4 (μm)にしてもよい。更に、塩化第二鉄を用いて、長さ1.0 (mm)、幅0.3 (mm)の細長い矩形形状にエッチングされている。

【0026】アモルファススバンパ磁性薄膜3は、電極4と電極5の間に通電される励磁電流と異なる方向、すなわち、励磁電流に対して直交方向または斜め方向に磁気異方性を有している。

【0027】またアモルファススバンパ磁性薄膜3は、薄膜形状とすることにより従来のMR素子よりも磁気-電気変換効率の向上が図られているが、これを更に磁気変換効率の向上を図ることでよりいっそうの磁気-電気変換効率の向上を図られている。

【0028】すなわち、アモルファススバンパ磁性薄膜3は、7.0 (Oe)の直流磁場中で、25.0 (°C)の温度により1時間アニール処理されており、アニール処理の前後で磁気-電気変換効率が大幅に向上している。

【0029】図2は磁気インピーダンス素子1の使用回路を示す回路図である。図2において、磁気インピーダンス素子1の両端の電極4と電極5には、抵抗Rと高周波信号源e<sub>AC</sub>がなる直列回路が接続されている。高周波信号源e<sub>AC</sub>は周波数fを可変出来るようになつており、抵抗Rを介して磁気インピーダンス素子1に一定レベルの高周波励磁電流i<sub>AC</sub>が通電される。

【0030】アモルファススバンパ磁性薄膜3を用いた磁気インピーダンス素子1は磁気-電気変換効率が大幅に向上しているため、従来のMR素子のようにフリッジ回路等を用いて感度を補償する必要がなく最も簡単な回路構成となる。また、磁気インピーダンス素子1にはアモルファススバンパ磁性薄膜3の長手方向の外部磁界H<sub>ax</sub>が印加される。なお、外部磁界H<sub>ax</sub>の印加方法については後述する。

【0031】図3は磁気インピーダンス素子1の等価回路を示す回路図である。磁気インピーダンス素子1は、固定インピーダンスZ<sub>0</sub>と可変インピーダンスΔZの直列回路で表され、アモルファススバンパ磁性薄膜3が上

記した寸法の場合Z<sub>0</sub>=9.6 (Ω)である。可変インピーダンスΔZは、電極4と電極5の間に通電される励磁電流i<sub>AC</sub>の周波数fに応じて変化すると共に外部磁界H<sub>ax</sub>に応じて変化する。

【0032】図4は、アニール処理されたアモルファススバンパ磁性薄膜3を用いた磁気インピーダンス素子1の実験結果を示す図であり、図5の回路において、励磁電流i<sub>AC</sub>=3.0 (mA・P-P)とした場合である。図4において、横軸は交流励磁電流i<sub>AC</sub>の周波数f (MHz)で、縦軸は電極4と電極5間の電圧、すなわちアモルファススバンパ磁性薄膜3に生ずる電圧降下E (V・P-P)を表す。図中実線Iは外部磁界H<sub>ax</sub>=0.0の場合、破線IIは外部磁界H<sub>ax</sub>=1.0.0 (A/μm)の場合を表す。

【0033】外部磁界H<sub>ax</sub>=0.0の場合は、アモルファススバンパ磁性薄膜3のインピーダンスは周波数fが2.0 (MHz)まで一定であり電圧降下Eも一定である。そして、f=2.0 (MHz)以上で感度効果によると考えられる電圧降下Eの上昇(つまりインピーダンスの上昇)が観測される。そして、f=8.0 (MHz)以上で電圧降下Eの増加率が顕著となる。

【0034】感度増加により電圧降下Eの上昇は更に顕著に表れ(破線II)、f=1.0 (MHz)から電圧降下Eは上昇する。この現象は、感度増大H<sub>ax</sub>=0 (A/μm)の時はアモルファススバンパ磁性薄膜3の磁歪がほとんど移動できずインピーダンスが小さいが、感度増大H<sub>ax</sub>が増大するとアモルファススバンパ磁性薄膜3の磁化ベクトルが回転し、幅方向の感度が増加してインピーダンスが上昇することによると考えられる。

【0035】なお、感度増加による電圧降下Eの上昇(つまりインピーダンスの上昇)はH<sub>ax</sub>=1.0.0 (A/μm)の場合が最も顕著であり、これ以上の感度を印加すると電圧降下Eの上昇率は逆に低下する。印加する磁場の方向はアモルファススバンパ磁性薄膜の幅方向のどちら向きであっても、同じ様にインピーダンス(電圧降下E)は対称的に変化する。

【0036】したがって、アモルファススバンパ磁性薄膜3のインピーダンス変化率-外部磁界の関係を示すグラフは図5に示すようになる。図5において、横軸は外部磁界H<sub>ax</sub> (Oe) (1 (Oe)=1.0<sup>3</sup>/4π (A/m))、縦軸はインピーダンス変化率、すなわち、外部磁界H<sub>ax</sub>=0.0の時のインピーダンスZ<sub>0</sub>に対する横軸に示された割合ΔZ/Z<sub>0</sub>を付した時のインピーダンスの変化ΔZ<sub>2</sub>の割合ΔZ<sub>2</sub>/Z<sub>0</sub> (%)を表す。なお、f=8.0 (MHz)で、i<sub>AC</sub>=3.0 (mA・P-P)である。

【0037】また、図中破線IIIはアモルファススバンパ磁性薄膜にアニール処理を施した場合の特性を表す。アニール処理を施す前のアモルファススバンパ磁性薄膜は、外部磁界H<sub>ax</sub>=8 (Oe)付近でΔZ<sub>2</sub>/Z<sub>0</sub>が最大約1.1 (%)となっており、従来のMR素子(2.5〜3

(%) ) と比べて磁気-電気変換効率が約4倍に改善されている。

【0038】一カ、アニール処理を施したアモルファススバンタ磁性薄膜3の場合は、外部磁界 $H_{ex}$ は1.2、5 (Oe) (=1000 (A/m) ) 付近で $\Delta Z/2\sigma$ が最大約4 (%) となり、アニール処理を施さない場合に比べて磁気-電気変換効率が4倍と飛躍的に改善されている、すなわち、従来のMR素子と比べると約1.6倍に改善されている。また、密度は最も急峻な場所である $H_{ex}=6$  (Oe) (=480 (A/m) ) 付近では約10 (%) / (Oe) と高い。

【0039】図4及び図5から、このアニール処理したアモルファススバンタ磁性薄膜3は、微小磁気を検出する感度80 (MHz) 、30 (mAp-p) の高周波励磁電流で励磁し、480 (A/m) 前後の外部磁界 $H_{ex}$ を付与してやると最大感度の磁気-電気変換効率が得られることが分かる。

【0040】従来の一般的な磁気-電気変換素子であるMR素子が1600~3000 (A/m) の外部磁界を必要としたのに対して、本実施例の磁気インピーダンス素子では約1/3より1/6の外部磁界で良いため、弱い固定磁石、またはより少ない直流電流による周囲磁界で最適な外部磁界を付与することが出来る。したがって、ハートデイス装置、フロッピーデイス装置、ビデオテープレコーダ等の高密度再生磁気ヘッド用途に利用することが出来る。

【0041】ここで外部磁界を付与する構成について説明する。図6は、本発明の第1実施例の一変形例を示す図である。

【0042】図6に示す磁気インピーダンス素子6は、非磁性体である短冊状のガラス基板7と、ガラス基板7上にガラス基板7よりも一回り小さい短冊状に形成されたCoFeB材料からなるアモルファススバンタ磁性薄膜8と、アモルファススバンタ磁性薄膜8の長手方向両端に配設された外部接続用の電極9及び10と、硬質磁性薄膜11からなる、電極9及び10には、銅、アルミニウム等の導電性材料を用いる。

【0043】硬質磁性薄膜11は、アモルファススバンタ磁性薄膜8よりも短い短冊状の長手方向の両端に磁極5、Nを有する常磁性体の固定磁石であり、アモルファススバンタ磁性薄膜8にアモルファススバンタ磁性薄膜8の長手方向の磁束を付与するように形成されてアモルファススバンタ磁性薄膜8上に固着されている。

【0044】これにより、アモルファススバンタ磁性薄膜8の長手方向に480 (A/m) 前後の外部磁界を付与することが出来る。なお、硬質磁性薄膜11はガラス基板7の底面に配設することで、アモルファススバンタ磁性薄膜8にアモルファススバンタ磁性薄膜8の長手方向の磁束を付与することも考えられる。

【0045】次に、図7は本発明の第1実施例の他の変

形例を示す図である。図6に示す磁気インピーダンス素子12は、大略して、第1の磁気インピーダンス素子13と第2の磁気インピーダンス素子14と導電性薄膜15とから構成される。第1の磁気インピーダンス素子13及び第2の磁気インピーダンス素子14はそれぞれ図1の磁気インピーダンス素子1と同一構成であるので詳細な説明は省略するが、それぞれアモルファススバンタ磁性薄膜13b、14bを有する構成とされている。

【0046】第1の磁気インピーダンス素子13と第2の磁気インピーダンス素子14は、それぞれ基板13aと基板14aを斜向させて同一方向に配設されている。そして、それぞれのアモルファススバンタ磁性薄膜13b及びアモルファススバンタ磁性薄膜14bと絶縁交するよう、第1の磁気インピーダンス素子13と第2の磁気インピーダンス素子14の間に導電性薄膜15が介接されている。このとき、導電性薄膜15の上面及び下面は基板13a及び基板14aに固着されている。

【0047】この導電性薄膜15は、銅、アルミニウム等の導電性材料からなるテラ状の形状とされており、その長手方向に直流電流10cが通電されるようになっている。したがって、直流電流10cによって導電性薄膜15の周囲にアンペールの右ねじの法則に基づいた周囲磁界が発生することで、アモルファススバンタ磁性薄膜13b及びアモルファススバンタ磁性薄膜14bの長手方向に外部磁界を付与することが出来る。なお、アモルファススバンタ磁性薄膜13b及びアモルファススバンタ磁性薄膜14bは、導電性薄膜15の周囲にスライラル磁気異方性を有する。

【0048】この場合、直流電流10cを調節出来るように構成しておけば、外部磁界の大きさを自在に可変することが出来る。容易に最適磁界強度とすることが出来る。なお、アモルファススバンタ磁性薄膜13b及びアモルファススバンタ磁性薄膜14bに付与される外部磁界は互いに逆方向となる。

【0049】ところで、アモルファススバンタ磁性薄膜はエッチング技術により簡単に微細加工を行えるため、種々のマイクロセルを構成出来る利点があり、また、センサモジュールを1チップ集積化することも可能となる。

【0050】図8は本発明の第2実施例を示す図である。図8に示す磁気検出回路20は、大略して、高磁気-電気変換効率を有するアモルファススバンタ磁性薄膜を有する磁気インピーダンス素子M11及びM12と、無安定アルチバンプレバ21と、差動増幅回路22とから構成される。

【0051】磁気インピーダンス素子M11と磁気インピーダンス素子M12は、端子23と端子24の間に直列に接続されている。また、磁気インピーダンス素子M11と磁気インピーダンス素子M12の共通接続端子25は電源電圧V<sub>cc</sub>に接続されている。

【0052】磁気インピーダンス素子M11は固定インピーダンスZ<sub>1</sub>と可変インピーダンス $\Delta Z_1$ を直列に接続された等価回路で表され、磁気インピーダンス素子M12は固定インピーダンスZ<sub>2</sub>と可変インピーダンス $\Delta Z_2$ を直列に接続された等価回路で表される。

【0053】磁気インピーダンス素子M11と磁気インピーダンス素子M12の直列回路は、例えばガラス基板17上で図9に示す形状にエッチング形成されている。すなわち、磁気インピーダンス素子M11は図示の如くY方向に平行して繰り返す折り返す形状、磁気インピーダンス素子M12は図示の如くX方向に平行して繰り返す折り返す形状とされている。そして、両磁気インピーダンス素子はその磁気-電気変換特性を同一に揃えられており、Z<sub>1</sub>=Z<sub>2</sub>であり、 $\Delta Z_1$ の可変範囲と $\Delta Z_2$ の可変範囲は等しくなっている。

【0054】したがって、両磁気インピーダンス素子M11及びM12に印加される磁界Hの方向がX方向 ( $\theta=0$ 、180 (°) ) の場合は、 $\Delta Z_1$ は最小値 ( $\Delta Z_1=0$ )、 $\Delta Z_2$ は最大値となる。θが増大すると共に $\Delta Z_1$ が増大する一方で $\Delta Z_2$ は減少し、 $\theta=45$  (°) のときに $\Delta Z_1=\Delta Z_2$ となる。更にθが増大して磁界Hの方向がY方向 ( $\theta=90$ 、270 (°) ) の場合は、 $\Delta Z_1$ は最大値、 $\Delta Z_2$ は最小値 ( $\Delta Z_2=0$ ) となる。なお、図9において、23及び24は端子2、25は共通接続端子を示す。

【0055】図8に戻って説明するに、端子23と端子24に接続されている無安定アルチバンプレバ21は、トランジスタQ<sub>1</sub>及びQ<sub>2</sub>と、抵抗R<sub>1</sub>~R<sub>8</sub>と、可変抵抗VRと、コンデンサC<sub>1</sub>~C<sub>4</sub>とから構成される。

【0056】トランジスタQ<sub>1</sub>のコレクタ負荷には抵抗R<sub>1</sub>と磁気インピーダンス素子M11の直列回路が、トランジスタQ<sub>2</sub>のコレクタ負荷には抵抗R<sub>2</sub>と磁気インピーダンス素子M12の直列回路がそれぞれ接続されており、両磁気インピーダンス素子M11及びM12には後述の如く数十 (MHz) の発振電流が供給され励磁される。

【0057】コンデンサC<sub>1</sub>はトランジスタQ<sub>2</sub>をオンさせるチャージコンデンサであり、コンデンサC<sub>2</sub>はトランジスタQ<sub>1</sub>をオンさせるチャージコンデンサである。抵抗R<sub>3</sub>はトランジスタQ<sub>2</sub>のベース電流制限用であり、抵抗R<sub>4</sub>はトランジスタQ<sub>1</sub>のベース電流制限用である。抵抗R<sub>5</sub>及びR<sub>6</sub>はベース抵抗抵抗である。

【0058】抵抗R<sub>7</sub>はトランジスタQ<sub>1</sub>のエミッタ抵抗であり、抵抗R<sub>8</sub>はトランジスタQ<sub>2</sub>のエミッタ抵抗である。可変抵抗VRの可変端子は接地されており、可変抵抗VRの可変端子より一方は抵抗R<sub>7</sub>の一端と接続されてトランジスタQ<sub>1</sub>のエミッタ抵抗となり、他方は抵抗R<sub>8</sub>の一端と接続されてトランジスタQ<sub>2</sub>のエミッタ抵抗となる。

【0059】可変抵抗VRは、磁気インピーダンス素子M11及びM12に磁界が印加されない状態で、磁気インピーダンス素子M11及びM12、トランジスタQ<sub>1</sub>及びQ<sub>2</sub>、並びに各抵抗の微かな特性差によって生じる無安定アルチバンプレバ21の発振電圧の振幅差 (トランジスタQ<sub>1</sub>のエミッタ発振電圧V<sub>1</sub>とトランジスタQ<sub>2</sub>のエミッタ発振電圧V<sub>2</sub>との差) を補正するためのものである。

【0060】無安定アルチバンプレバ21の自動発振周波数は、磁気インピーダンス素子M11及びM12のインピーダンスと、抵抗R<sub>1</sub>及びR<sub>2</sub>及びR<sub>3</sub>及びR<sub>4</sub>の値と、コンデンサC<sub>1</sub>及びC<sub>2</sub>の値と、トランジスタQ<sub>1</sub>のコレクタ・エミッタ間容量と、トランジスタQ<sub>2</sub>のコレクタ・エミッタ間容量とにより決まる。この自動発振周波数は、本実施例では磁気インピーダンス素子M11及びM12の磁気-電気変換効率が最大となる数十 (MHz) に設定される。

【0061】ところで、可変抵抗VRの可変端子より一方と抵抗R<sub>7</sub>との直列抵抗とコンデンサC<sub>3</sub>の並列回路でローパスフィルタが構成されている。また、可変抵抗VRの可変端子より他方と抵抗R<sub>8</sub>との直列抵抗とコンデンサC<sub>4</sub>の並列回路でローパスフィルタが構成されている。これにより、トランジスタQ<sub>1</sub>のエミッタ発振電圧V<sub>1</sub>とトランジスタQ<sub>2</sub>のエミッタ発振電圧V<sub>2</sub>はそれぞれ減衰成分を減衰されて、互いに180 (°) 位相が異なる正弦波とされる。

【0062】差動増幅回路22は、抵抗R<sub>9</sub>及びR<sub>10</sub>及びR<sub>11</sub>及びR<sub>12</sub>と、差動増幅器26及び27とで構成されている。差動増幅器26の非反入力端子にはトランジスタQ<sub>2</sub>のエミッタ発振電圧V<sub>2</sub>が、差動増幅器27の非反入力端子にはトランジスタQ<sub>1</sub>のエミッタ発振電圧V<sub>1</sub>が入力されている。これにより、差動増幅回路22は抵抗R<sub>9</sub>~R<sub>13</sub>の値で決定される所定の増幅利得で各エミッタ発振電圧V<sub>1</sub>及びV<sub>2</sub>の差成分のみを安定良く増幅した出力電圧E<sub>0</sub>を、出力端子28に出力する。

【0063】前述した如く、磁気インピーダンス素子M11及びM12に印加される磁界の向きに応じて磁気インピーダンス素子M11及びM12の可変インピーダンス $\Delta Z_1$ 及び $\Delta Z_2$ が変化し、この $\Delta Z_1$ 及び $\Delta Z_2$ の変化に応じて各エミッタ発振電圧V<sub>1</sub>及びV<sub>2</sub>が変化し、したがって、出力電圧E<sub>0</sub>は、磁気インピーダンス素子M11及びM12に印加される磁界の向きに応じて大きさと極性が変化する境界検出信号となる。

【0064】本実施例によれば、磁界の向きの変化に応じて $\Delta Z_1$ 及び $\Delta Z_2$ のうち一方は減少し他方は増大するように磁気インピーダンス素子M11及びM12のパターンが形成されている。よって、磁気インピーダンス素子M11及びM12本来の高磁気-電気変換効率と相まって検出感度を向上させることができる。更に、磁気

インピーダンス素子は微細加工が可能であり回路を小型に構成することができる。

【0065】図10は本発明の第3実施例を示す図である。図10に示す高速度再生磁気記録セル30は、高磁気-電気変換効率を有するアモルファスバッチ磁性薄膜からなる磁気インピーダンス素子31を有し、超高速読出し可能な磁気フロッピーメモリとして機能する。【0066】図10において、ガラス基板32上には磁気インピーダンス素子31がスバッチ薄膜形成されている。磁気インピーダンス素子31の他端には磁性体32が、磁気インピーダンス素子31の他端には磁性体33が固着されている。常磁性体32及び磁性体33は、磁気インピーダンス素子31と同様にいずれもスバッチ薄膜形成されている。したがって、それぞれの電圧方向性を0.1 ( $\mu\text{m}$ ) 程度まで微細加工することが可能である。

【0067】また、磁気インピーダンス素子31及び常磁性体32及び磁性体33は導電性を有しており、常磁性体32及び磁性体33の各一端には例えば銅、またはアルミニウム等の電極34及び35が配設されている。そして、外部回路から電極34と電極35の間に電圧の電流が通電される。

【0068】常磁性体32は、磁気インピーダンス素子31側及び電極34側に図示の如く磁極を持ち、磁気インピーダンス素子31を磁気バイアスする。なお、磁極の向きは図示の向きと逆でもよい。

【0069】磁性体33は磁気記録材料に使用されるような磁性体（例えば、 $\text{CoNi}$ 、 $\text{CoNi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ 、 $\text{CoNi}_2\text{P}$ など）であって、その磁気インピーダンス素子31側が、記録用の正または負のノイズ電流によって記録用の電流の向きに応じた極性に磁化され保持される。

【0070】上記の構成とされた高速度再生磁気記録セル30によれば、磁性体33が常磁性体32と逆向きの磁化ベクトルを持つ向きに記録磁化されると、磁気インピーダンス素子31の電圧はキャンセルされて、その両端の電圧は最小となる。一方、磁性体33が常磁性体32と同一方向の磁化ベクトルを持つ向きに記録磁化されると、その両端の電圧は最大となる。したがって、磁気インピーダンス素子31に記録信号を記憶しておくこととなる。

【0071】そこで、上記の構成とされた高速度再生磁気記録セル30を多数個並べた集積構造にすると、デコードで電子的に再生する磁気フロッピーメモリを製造することができ、超高速読出しが可能となる。

【0072】

【発明の効果】 上述の如く請求項1記載の発明によれ

ば、磁性薄膜は高磁気-電気変換効率とされるため、高速度再生磁気ヘッド用途に利用することが出来、従来に比べて高感度で微細加工が可能となる特長がある。

【0073】また請求項9記載の発明によれば、磁性薄膜を有する磁気インピーダンス素子に印加される磁界の向きに応じて変化する第1及び第2の信号に基づいて外部磁気を検出するため、従来に比べて検出感度を向上させることができる。また、磁気インピーダンス素子は微細加工が可能であり回路を小型に構成することができ特長がある。

【面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施例を示す図である。

【図2】 磁気インピーダンス素子1の使用回路を示す回路図である。

【図3】 磁気インピーダンス素子1の等価回路を示す回路図である。

【図4】 アモルファスバッチ磁性薄膜3を用いた磁気インピーダンス素子1の製造結果を示す図である。

【図5】 アモルファスバッチ磁性薄膜3のインピーダンス変化率-外部磁界の関係を示す図である。

【図6】 本発明の第1実施例の二重構造を示す図である。

【図7】 本発明の第1実施例の他の変形例を示す図である。

【図8】 本発明の第2実施例を示す図である。

【図9】 磁気インピーダンス素子M1と磁気インピーダンス素子M2の形状を示す図である。

【図10】 本発明の第3実施例を示す図である。

【図11】 MR素子の等価回路を示す回路図である。

【図12】 MR素子の動作原理図である。

【図13】 MR素子100の抵抗率 $\rho$ の合成磁界Hに対する変化を示す図である。

【符号の説明】

1, 31, M1, M2: 磁気インピーダンス素子

2: ガラス基板

3: アモルファスバッチ磁性薄膜

4, 5, 9, 10, 34, 35: 電極

20: 磁気検出回路

21: 無安定マルチバイブレータ

22: 差動増幅回路

30: 高速度再生磁気記録セル

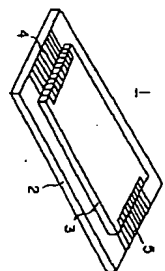
32: 常磁性体

33: 磁性体

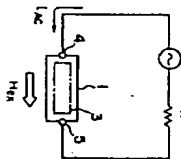
100: MR素子

Z<sub>0</sub>, Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>: 固定インピーダンス

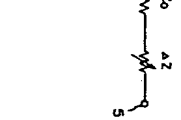
$\Delta Z_0$ ,  $\Delta Z_1$ ,  $\Delta Z_2$ : 可変インピーダンス



【図1】



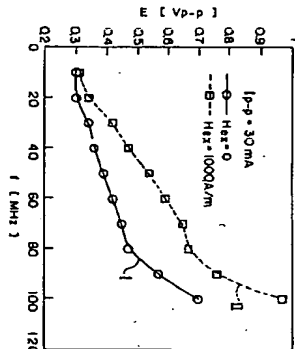
【図2】



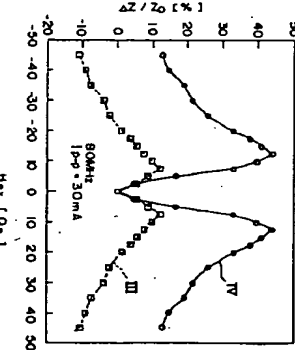
【図3】



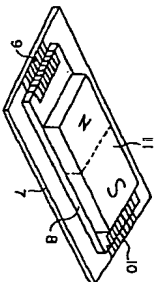
【図11】



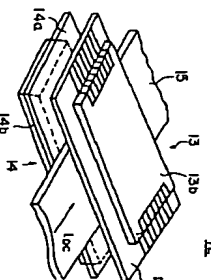
【図4】



【図5】

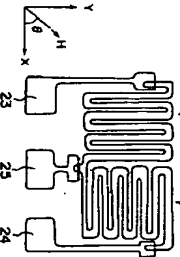


【図6】

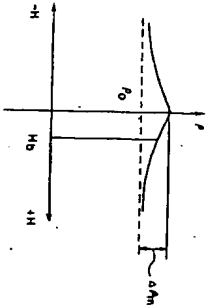


【図7】

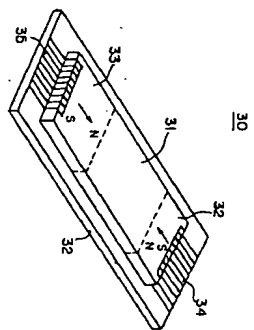
【図9】



【図13】



【10】



(72) 発明者 内山 剛  
愛知県豊田市金谷町4-25-5 ビレッジ  
サ母107号

(72) 発明者 森田 芳昭  
神奈川県厚木市西井 601 ミヅ川電機株式会社  
会社厚木事業所内  
(73) 発明者 炭竈 正彰  
神奈川県厚木市西井 601 ミヅ川電機株式会社  
会社厚木事業所内